

# НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

УДК 656.22: 656.25

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Ю. Ф. БЕРЕЗНЯЦКИЙ, А. П. КЕЙЗЕР, Д. П. ШТАНЮК  
Белорусский государственный университет транспорта

Экономия потребления топлива локомотивами при вождении грузовых поездов является актуальной задачей в условиях дефицита сырьевых ресурсов в Республике Беларусь.

В настоящее время проектирование систем интервального регулирования движения поездов основано на использовании тяговых оптимизационных расчетов. Тяговые расчеты позволяют решать такие задачи, как выбор типа локомотива и основных его характеристик, расчет веса состава, времени движения по перегону, оптимизировать режимы ведения поезда, выполнить прицельное торможение, определить расход топлива, эффективно расставлять светофоры по перегону и др.

Для моделирования процесса интервального регулирования движения поездов с условием оптимизации расхода топлива нами разработана компьютерная модель, которая устанавливается на борту локомотива. Локомотив как объект управления в предлагаемой модели математически представляется в виде его тяговых и расходных характеристик, которые аппроксимируются с помощью метода наименьших квадратов на основании графиков, взятых из правил тяговых расчетов. В модели учитываются также характеристики состава и перегонов между станциями, влияющие на силу сопротивления движению, величину расхода топлива, скорость движения и тормозные характеристики поезда. Для этого применяется специализированная база данных перегонов и применяемых на Белорусской железной дороге типов локомотивов.

Модель позволяет выдавать машинисту перечень оптимальных режимов ведения поезда и (или) его торможения в зависимости от скорости и времени движения на заданной скорости, характеристик блок-участка, типа применяемой системы интервального регулирования и др.

Активацию и деактивацию микропроцессорной системы расчета рецептов оптимального ведения поезда можно выполнить различными способами: как на основе принципа индукции при расположении датчиков проследования непосредственно на перегоне, так и с применением систем передачи информации, уже имеющихся на борту локомотива и устанавливаемых на входных и выходных светофорах станций. В докладе рассматривается возможный вариант реализации управления системой по второму способу.

При расчете оптимальных рецептов программной моделью движение поезда определяется системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} dv/dt = \xi F(v, s, n_k, \varphi_t) \\ ds/dt = v \end{cases},$$

где  $v$  и  $s$  – соответственно скорость движения поезда и пройденный путь;  $n_k$  и  $\varphi_t$  – соответственно позиция контроллера машиниста и коэффициент сцепления;  $t$  – время;  $\xi = g/(Q + P)$  – коэффициент пропорциональности;  $Q$  и  $P$  – соответственно масса состава и локомотива;  $g$  – ускорение свободного падения;  $F(v, s, n_k, \varphi_t) = F_k(v, n_k) - W_0'(v) - W_0''(v) - W_t(s) - W_t(q) - B_t(v, \varphi_t)$ ,  $F_k(v, n_k)$  – сила тяги локомотива;  $W_0'(v)$  – сопротивление движению локомотива;  $W_0''(v)$  – сопротивление движению состава;  $W_t(s)$  – сопротивление от уклона пути;  $W_t(q)$  – сопротивление троганию поезда с места;  $B_t(v, \varphi_t)$  – тормозная сила;  $q$  – нагрузка на ось.

При решении задачи оптимального управления поездом из области допустимых значений вычисляется такая последовательность значений  $n_k$  и  $\varphi_k$ , которая позволяет перевести поезд в соответствии с приведенной системой уравнений из начального состояния в конечное за заданное время  $T$  при минимальном значении принятого критерия оптимальности. В качестве критерия оптимальности, в частности, может служить величина расхода топлива  $G = \int_0^T G_t(v) dt$ , где  $G_t(v)$  – удельный

(часовой) расход топлива.

В качестве машинного метода оптимизации в модели применяется принцип максимума Понтрягина, который позволяет достичь положительных результатов при необходимой для практических вычислений точности с наименьшими затратами машинного времени, что является существенным при использовании разработанной модели в относительно медленнодействующем промышленном компьютере на борту локомотива.

Разработанная авторами модель позволяет выполнять оптимальное управление поездом при его движении по перегону между станциями с возможностью сократить расход топлива в рамках установленного графика движения поездов.

УДК 656.25

## ДИАГНОСТИКА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

*А. Б. БОЙНИК, С. В. КОШЕВОЙ*

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

Системы железнодорожной автоматики представляют собой сложные комплексы, состоящие из наполненных объектов, сигнальных кабельных или воздушных линий связи, устройств автоматизированного или автоматического управления и специальных источников электропитания. Отказы указанных систем, как известно, весьма затрудняют выполнение условий безопасности движения поездов и уменьшают пропускную способность железнодорожных участков. Статистика свидетельствует, что с 1997 по 2004 годы на магистральном железнодорожном транспорте Украины было зарегистрировано 172782 случая отказов устройств железнодорожной автоматики. При этом только по вине обслуживающего персонала 66 дистанций сигнализации и связи произошло 24286 случаев отказов, в результате чего было задержано 7636 поездов. Среднее время устранения отказа в 2004 году составило 1 ч 41 мин.

Как свидетельствует статистика отказов, наибольший их процент приходится на рельсовые цепи, релейную и бесконтактную аппаратуру, кабельные линии, элементы защиты, выпрямители и щитовые установки электропитания. Одной из причин многих отказов указанных элементов является их тепловой нагрев выше допустимых норм. По этой причине на железных дорогах Украины с 1991 года произошло, как свидетельствует статистика, 15 случаев возгорания оборудования постов электрической централизации и десятки случаев теплового повреждения элементов релейных шкафов автоматической блокировки и переездной сигнализации. Стоимость восстановительных работ составила около 43 миллионов гривен.

При техническом обслуживании устройств автоматики, согласно действующим нормативным указаниям, должна осуществляться визуальным методом проверка температурных режимов работы всех элементов и контактным – только клеммных соединений питающих установок электрической централизации. Общеизвестно, что в результате визуального контроля затруднено определение конкретной температуры нагрева элементов, а контактный метод имеет ряд недостатков, затрудняющих его широкое использование.

Значительно сократить количество случаев теплового повреждения и возгорания устройств железнодорожной автоматики возможно при постоянном автоматическом контроле фактического температурного режима работы всех элементов, особенно имеющих наибольшую вероятность на-